

01 JUN 2003 10/537179

PCT/JP04/11625

PCT/JP2004/011621

31.08.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

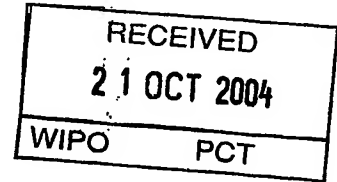
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 7月 9日

出願番号  
Application Number: 特願2004-202954  
[ST. 10/C]: [JP2004-202954]

出願人  
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

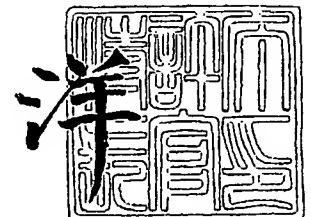


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年10月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3090846

【書類名】 特許願  
【整理番号】 NTTH165382  
【提出日】 平成16年 7月 9日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/22  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 加藤 正夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 森 淳  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 栗原 隆  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 圓佛 晃次  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004226  
    【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100078499  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 光石 俊郎  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100102945  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 田中 康幸  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100120673  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 松元 洋  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 020318  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

テルライトガラスからなる光ファイバであって、  
コア部と、  
前記コア部を包囲するように配設されて、当該コア部の軸方向に沿った空孔を当該コア部の周方向にわたって複数有する第一のクラッド部と、  
前記第一のクラッド部を包囲するように配設されて、当該第一のクラッド部の等価屈折率と略等しい屈折率を有する第二のクラッド部と  
を備えてなることを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 2】**

請求項 1 において、  
前記第一のクラッド部の前記空孔が、前記コア部の周方向に沿って一定の間隔で複数形成されている  
ことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は請求項 2 において、  
前記第一のクラッド部の前記空孔が、当該第一のクラッド部の半径方向にわたって複数形成されている  
ことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 4】**

請求項 1 から請求項 3 のいずれかにおいて、  
前記第一のクラッド部の前記空孔の径方向の断面形状が、円形、楕円形、多角形のいずれかである  
ことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 5】**

請求項 1 から請求項 4 のいずれかにおいて、  
前記第一のクラッド部の前記空孔の内部が、前記第二のクラッド部の屈折率よりも低い屈折率を有する材料で充填されている  
ことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 6】**

請求項 1 から請求項 5 のいずれかにおいて、  
前記コア部の屈折率が、前記第一のクラッド部の材料の屈折率よりも高い  
ことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 7】**

請求項 1 から請求項 6 のいずれかにおいて、  
前記コア部と前記第一のクラッド部との比屈折率差が 2 % 以上である  
ことを特徴とする光ファイバ。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ

【技術分野】

【0001】

本発明は、高非線形を有するテルライトガラスからなる光ファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

テルライトガラスを用いたEDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier: エルビウム添加型ファイバ増幅器) は、近年、光通信分野への応用を目的とした開発が活発に進められ、従来の石英系のEDFAやフッ化物のEDFAの増幅波長帯域よりも2倍以上広い1.53  $\mu\text{m}$  から1.61  $\mu\text{m}$  までの波長帯域での一括増幅幅が可能である等の利点を有していることが明らかになった。

【0003】

また、テルライトガラスは、大きい三次の非線形性を有しているという特徴があり、光通信システムに適用すると非線形性による波形劣化を発生する懸念があることが示唆されている。

【0004】

そこで、この高非線形を有するテルライトガラスからなる光ファイバを利用したシステムが検討され、例えば、図8に示すように、テルライトガラスからなるコア111及びクラッド112で光ファイバ110を構成することにより、ラマン増幅器などのような光増幅用に利用することが提案されている（例えば下記非特許文献1等参照）。

【0005】

【特許文献1】 特開2003-149464号公報

【特許文献2】 特開2000-356719号公報

【非特許文献1】 "Journal of Lightwave Technology", 2003, Vol. 21, No. 5, p. 1300-1306

【非特許文献2】 "Electronics Letters", 1999, Vol. 35, No. 1, p. 63-64

【非特許文献3】 "Photonics Technology Letters", 1999, Vol. 11, No. 6, p. 674-676

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところが、テルライトガラス製の光ファイバは、材料分散が零となる波長が2  $\mu\text{m}$  よりも長波長帯に位置するため、通信波長帯である1.55  $\mu\text{m}$  帯信号光とポンプ光との位相整合条件を満足させることが難しく、より積極的に非線形性を利用することが困難となっている（光増幅器用に使用するテルライトガラス製の光ファイバは波長分散値が-100  $\text{ps/km/nm}$  程度である）。

【0007】

また、分散シフト光ファイバや分散補償光ファイバのように、従来の光ファイバの構造を適用することにより、コアとクラッドとの比屈折率差を高くして分散を制御しようとしても、零分散波長がさらに長波長側にシフトしてしまう。このため、テルライトガラス製の光ファイバは、通信波長帯である1.55  $\mu\text{m}$  帯での零分散を実現することが極めて困難であり、高い非線形性を有するテルライトガラスからなる光ファイバを利用した通信システムを実現することができなかった。

【0008】

このようなことから、本発明は、通信波長帯での広帯域な零分散を実現できる高非線形を有するテルライトガラスからなる光ファイバを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前述した課題を解決するための、本発明に係る光ファイバは、テルライトガラスからなる光ファイバであって、コア部と、前記コア部を包囲するように配設されて、当該コア部

の軸方向に沿った空孔を当該コア部の周方向にわたって複数有する第一のクラッド部と、前記第一のクラッド部を包囲するように配設されて、当該第一のクラッド部の等価屈折率と略等しい屈折率を有する第二のクラッド部とを備えてなることを特徴とする。

【0010】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記第一のクラッド部の前記空孔が、前記コア部の周方向に沿って一定の間隔で複数形成されていることを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記第一のクラッド部の前記空孔が、当該第一のクラッド部の半径方向にわたって複数形成されていることを特徴とする。

【0012】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記第一のクラッド部の前記空孔の径方向の断面形状が、円形、楕円形、多角形のいずれかであることを特徴とする。

【0013】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記第一のクラッド部の前記空孔の内部が、前記第二のクラッド部の屈折率よりも低い屈折率を有する材料で充填されていることを特徴とする。

【0014】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記コア部の屈折率が、前記第一のクラッド部の材料の屈折率よりも高いことを特徴とする。

【0015】

また、本発明に係る光ファイバは、上述した光ファイバにおいて、前記コア部と前記第一のクラッド部との比屈折率差が2%以上であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る光ファイバによれば、通信波長帯での広帯域な零分散を実現することができると共に、空孔の数を少なくすることができるので、低コストで容易に製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明に係る光ファイバの実施形態を図1～4に基づいて説明する。図1は、光ファイバの概略構造を表わす径方向の断面図、図2は、図1の光ファイバの等価屈折率分布を示すグラフ、図3は、図1の光ファイバの分散特性を表わすグラフ、図4は、図1の光ファイバの屈折率分布を表わすグラフである。なお、本発明において、等価屈折率とは、光に実質的に作用する屈折率のことである。

【0018】

本実施形態に係る光ファイバは、図1に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ10であって、コア部11と、コア部11を包囲するように配設されて、コア部11の軸方向に沿った円形の空孔12aをコア部11の周方向にわたって複数有する第一のクラッド部12と、第一のクラッド部12を包囲するように配設されて、第一のクラッド部12の等価屈折率と略等しい屈折率を有する第二のクラッド部13とを備えている。

【0019】

前記第一のクラッド部12の空孔12aは、コア部11の周方向に沿って一定の間隔で複数（本実施形態では6つ）形成されている。第一のクラッド部12の前記空孔3は、内部が空気で満たされており、屈折率が真空の屈折率である1と略等しい大きさとなっている。コア部11の屈折率と第一のクラッド部12の等価屈折率とは、比屈折率差（ $\Delta$ ）が2%以上となっている。第二のクラッド部13は、コア部11のテルライトガラスと異なる組成のテルライトガラスを用いて、コア部11の屈折率よりも低い屈折率とすると共に

、第一のクラッド部12の等価屈折率と略等しい屈折率としている。

【0020】

本実施形態に係る光ファイバ10においては、前記空孔12aの半径 $r$ を $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ とし、前記空孔12aの間のピッチ $\gamma$ を $1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$ とし、第一のクラッド部12の半径 $r_r$ を $3 \mu\text{m}$ 以下とするように設計している。

【0021】

なお、上記光ファイバ10は、軸方向に同一の構造を維持しているので、作製プロセスによる形状のゆらぎを無視すれば、径方向の断面構造が軸方向全長にわたって同一であり、軸方向に直交又は斜交するような構造が存在しないものである。

【0022】

このような本実施形態に係る光ファイバ10においては、空孔12aを一重に正六角形の頂点位置に配置することによって第一のクラッド部12を形成し、中心部のコア部11に空孔12aを形成していないため、当該コア部11が最も高い屈折率となり、図2に示すように、コア部11に光が集中するようになる。

【0023】

本実施形態に係る光ファイバ10においては、図3に示すように、零分散波長において極性が反転し、特定の波長域において分散が平坦となることが明らかとなった。よって、本実施形態に係る光ファイバ10によれば、広帯域な零分散波長域を実現することができる。

【0024】

ところで、近年、主に石英ガラスを用いて意図的に空孔を形成したフォトニッククリスタルファイバ(PCF)或いはホーリファイバ(HF)とよばれる光ファイバが開発されている。このPCFやHFは、導波原理から二種類に分類されている。一つは、フォトニックバンドギャップによって光を閉じ込めるフォトニックバンドギャップ型であり、その構造において、厳格な周期性や空孔サイズの均一性が要求されるものである。もう一つは、空孔を有した媒質の実効的な屈折率差から得られる全反射によって光を閉じ込める屈折率導波型であり、その構造において、厳格な周期性や空孔サイズの均一性が必ずしも要求されるものではない。

【0025】

例えば、前記非特許文献2においては、空孔を設けないコア部と、空孔を六角形に配列したクラッド部とを備えた石英ガラスからなる光ファイバの分散特性を実験的に測定した結果を報告している。この非特許文献2で報告されている上記光ファイバは、 $813 \text{ nm}$ の波長における分散値が約 $-77 \text{ ps/km/nm}$ となっている。また、例えば、前記非特許文献3においては、単一材料からなる光ファイバ(PCF)の分散を算出して、PCFの分散補償効果を報告している。

【0026】

そこで、本発明者らは、鋭意研究した結果、テルライトガラスを用いた光ファイバをPCFやHF構造とすることにより、上述の課題を解決できることを見出したのである。すなわち、空孔12aのないコア部11部分の屈折率と第一のクラッド部12の等価屈折率との比屈折率差( $\Delta$ )を2%以上とすると共に、第一のクラッド部12の等価屈折率と第二のクラッド部13の屈折率とを同程度とすることにより、通信波長帯である $1.55 \mu\text{m}$ 帯における広帯域な零分散波長を実現できるようにすると共に、光の閉じ込め効果の高い高非線形の光ファイバ10を実現できるようにしたのである。また、空孔12aの大きさや間隔等によって零分散波長や光の閉じ込め効果が広範囲に制御可能であることを見出した。さらに、コア部11に用いたテルライトガラスの組成と異なる組成のテルライトガラスを第二のクラッド部13に用いることにより、低屈折率を実現できるようにした。加えて、第二のクラッド部13に空孔を形成しないことにより、低コストで容易に製造できるようにした。

【0027】

なお、前記特許文献1等は、図9に示すように、コア部121及びクラッド部122を

有する石英ガラスからなる光ファイバ120に空孔122aを形成することにより、波長1400~1800nmにおいて、 $+80\text{ps/nm/km}$ 以上の波長分散を有する分散補償型のものを提案しており、当該光ファイバ120は、光非線形特性を低減するためにコア121の直径が $20\mu\text{m}$ 程度にまで広げられると共に、コア121とクラッド122との比屈折率差( $\Delta$ )が1%以下の低 $\Delta$ 構造となっている。

#### 【0028】

これに対し、本実施形態に係る光ファイバ10は、先に説明したように、高非線形性の実現を目的としたものであり、図4に示すように、 $\Delta$ を2~4%程度まで高くすることでコア部11の直径を $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度まで小さい構造を有することから、上記光ファイバ120と構造も目的も大きく異なるものである。

#### 【0029】

また、前記特許文献2等は、図10に示すように、コア部131とクラッド部132との間の有効屈折率差を5%よりも大きくするように三つ若しくは六つの空孔132aを形成した光ファイバ130を提案しており、当該光ファイバ130は、同一のガラス材料(単一のガラス)からコア部131及びクラッド部132が形成されていることから、中心部のコア部131と空孔132aの外側のクラッド部132との屈折率が等しい、一般にW型とよばれる構造を有するものである。しかしながら、本実施形態に係る光ファイバ10は、先に説明したように、上記光ファイバ130と構造が異なるものである。

#### 【0030】

なお、本発明に係る光ファイバの他の実施形態として、例えば、図5、6に示すように、第一のクラッド部12の空孔12aが、第一のクラッド部12の半径方向にわたって複数形成されている(二重に形成されている)光ファイバ20、30とすることも可能である。

#### 【0031】

また、本発明に係る光ファイバの他の実施形態として、例えば、第一のクラッド部12の空孔12aの径方向の断面形状を楕円形や多角形とすることも可能である。

#### 【0032】

また、本発明に係る光ファイバの他の実施形態として、例えば、第一のクラッド部12の空孔12aの内部に、第二のクラッド部13を構成するテルライトガラスの屈折率よりも $\Delta n$ だけ低い屈折率を有するガラス材料を埋め込んで充填することにより、第一のクラッド部12の等価屈折率と第二のクラッド部13の屈折率とを同程度にすることも可能である。

#### 【0033】

このような光ファイバにおいては、空孔12a内に空気ではなくガラス材料を充填していることから、空気を充填している場合よりも、全体的な機械的強度を向上させることができると共に、プリフォームから線引きして製造する際に、空孔12aを一定形状に保持することが容易にできるだけでなく、散乱損失を低減することも可能となる。

#### 【0034】

また、本発明に係る光ファイバの他の実施形態として、例えば、図7に示すように、コア部41の屈折率が、第一のクラッド部12の材料の屈折率よりも高い光ファイバ40とする、すなわち、空孔12aを形成されていない軸中心部分を、 $\Delta n$ だけ屈折率の高いコア部(センタコア)41として、より強い光の閉じ込め効果を実施できるようにすることも可能である。

#### 【0035】

なお、空孔12aの数や形状等は、第一のクラッド部12の等価屈折率が第二のクラッド部13の屈折率と略等しくなるように適宜選定されるものである。

#### 【0036】

また、本発明に係る光ファイバにおいては、前記コア部や前記クラッド部の実効的な屈折率差による全反射構造が具備されていれば、厳密なフォトリックバンドギャップ条件や周期性や均一性等の条件を必ずしも満たす必要はない。

## 【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明に係る光ファイバは、光通信産業に極めて有益に利用することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明に係る光ファイバの実施形態の概略構造を表わす径方向の断面図である。

【図2】図1の光ファイバの等価屈折率分布を示すグラフである。

【図3】図1の光ファイバの分散特性を表わすグラフである。

【図4】図1の光ファイバの屈折率分布を表わすグラフである。

【図5】本発明に係る光ファイバの他の実施形態の概略構造を表わす径方向の断面図である。

【図6】本発明に係る光ファイバの他の実施形態の概略構造を表わす径方向の断面図である。

【図7】本発明に係る光ファイバの他の実施形態の概略構造を表わす径方向の断面図である。

【図8】従来の光ファイバの一例の概略構造を表わす径方向の断面図である。

【図9】従来の光ファイバの他の例の屈折率分布を表わすグラフである。

【図10】従来の光ファイバの他の例の屈折率分布を表わすグラフである。

## 【符号の説明】

【0039】

10, 20, 30, 40 光ファイバ

11, 41 コア部

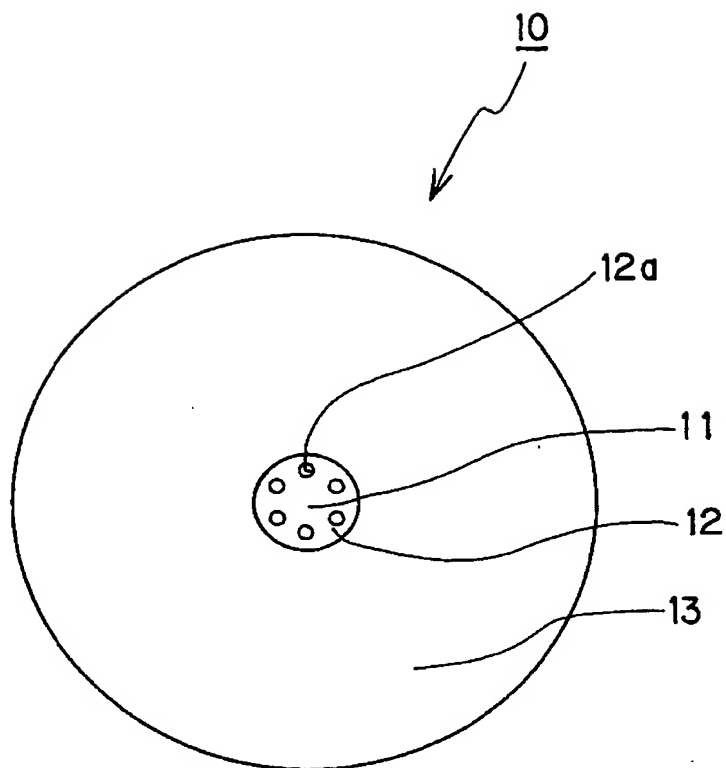
12 第一のクラッド部

12a 空孔

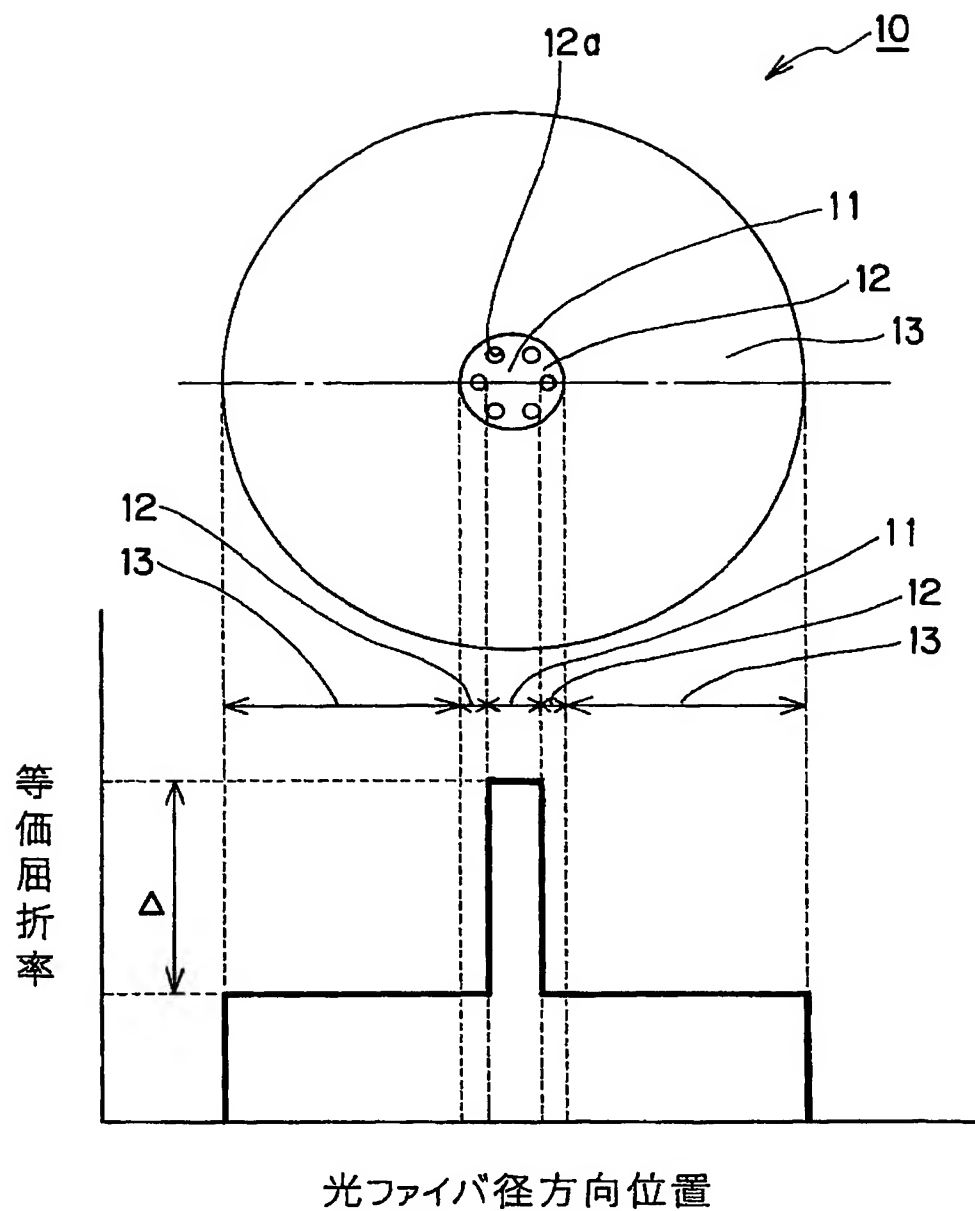
13 第二のクラッド部



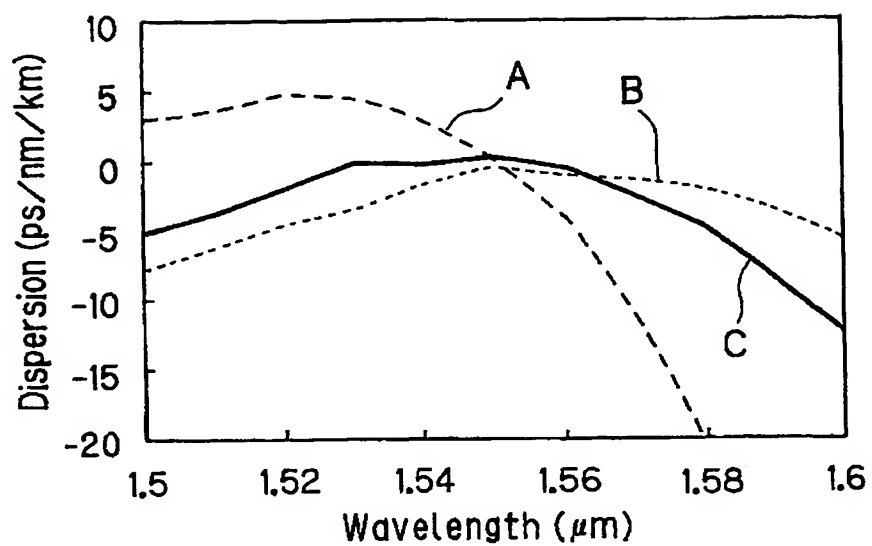
【書類名】 図面  
【図 1】



【図 2】



【図 3】

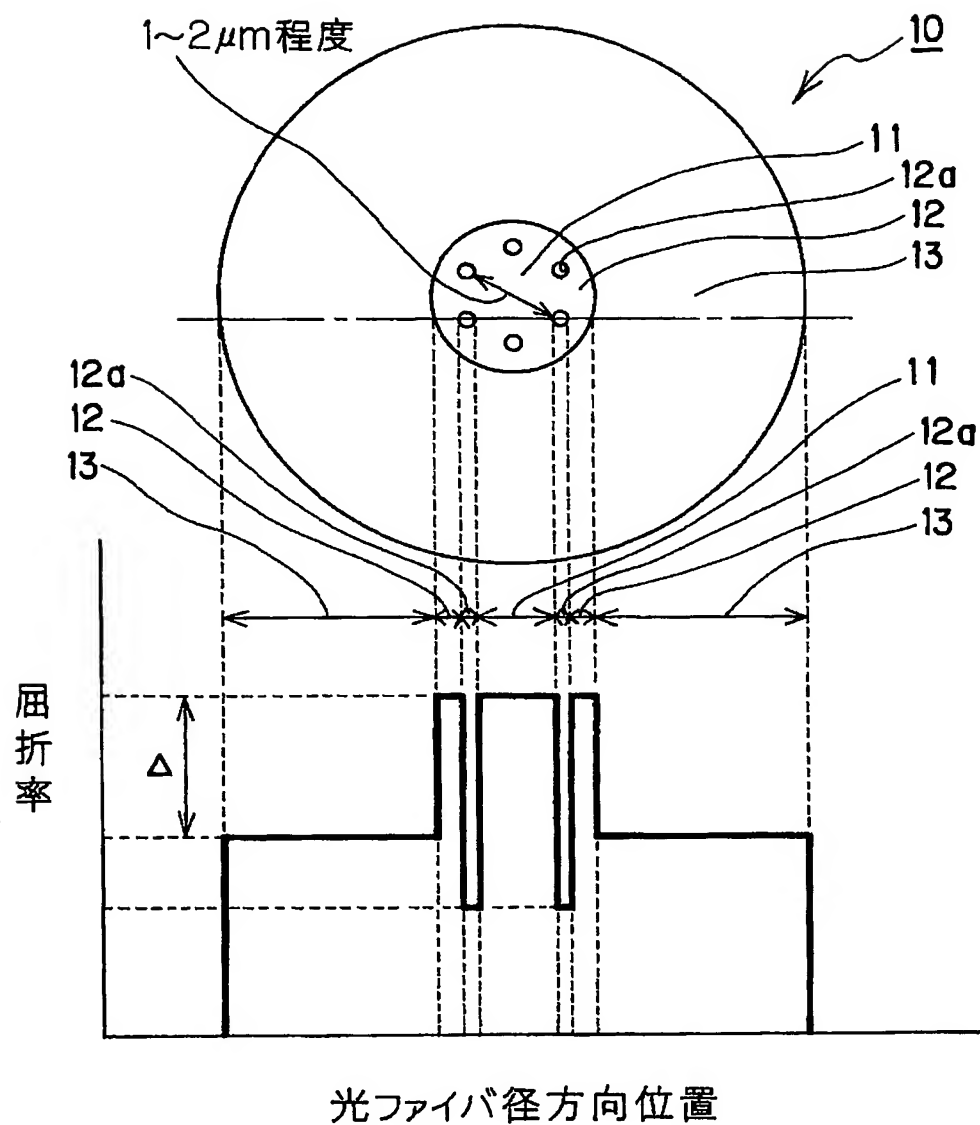


A:  $r=0.54$ ,  $\gamma=1.41$ ,  $rr=2.0$

B:  $r=0.54$ ,  $\gamma=1.45$ ,  $rr=2.0$

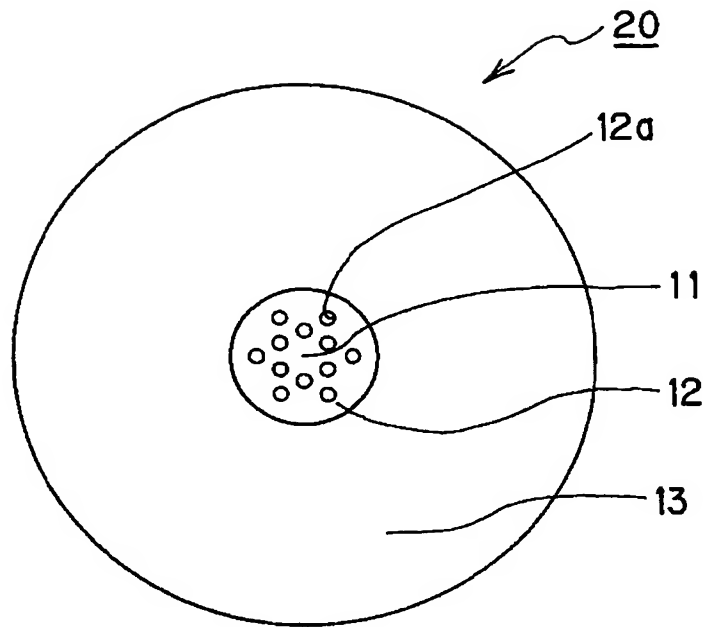
C:  $r=0.52$ ,  $\gamma=1.43$ ,  $rr=2.0$

【図 4】

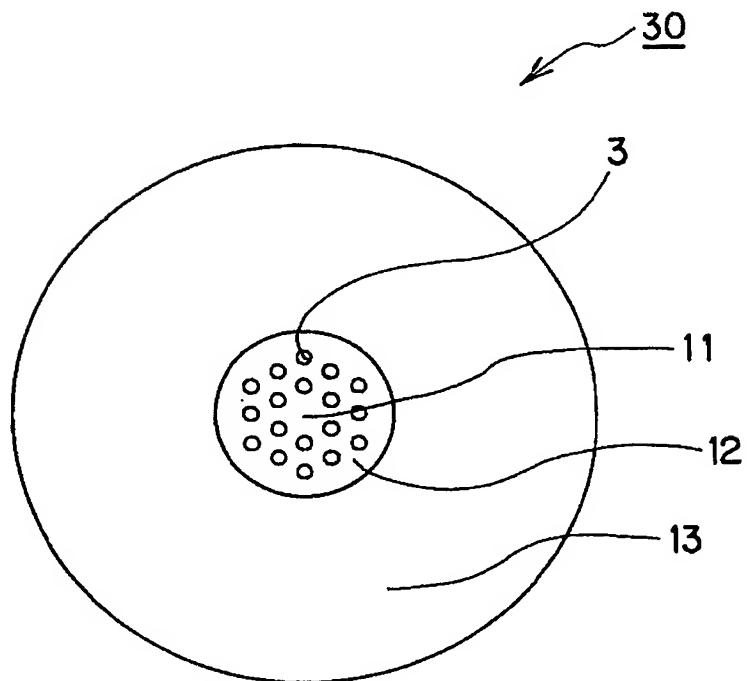


$\Delta = 2 \sim 4\%$  程度

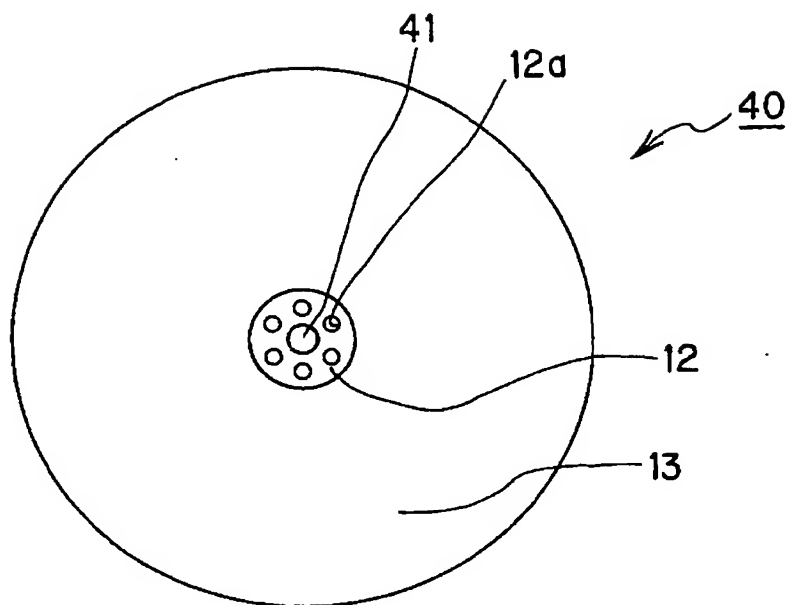
【図 5】



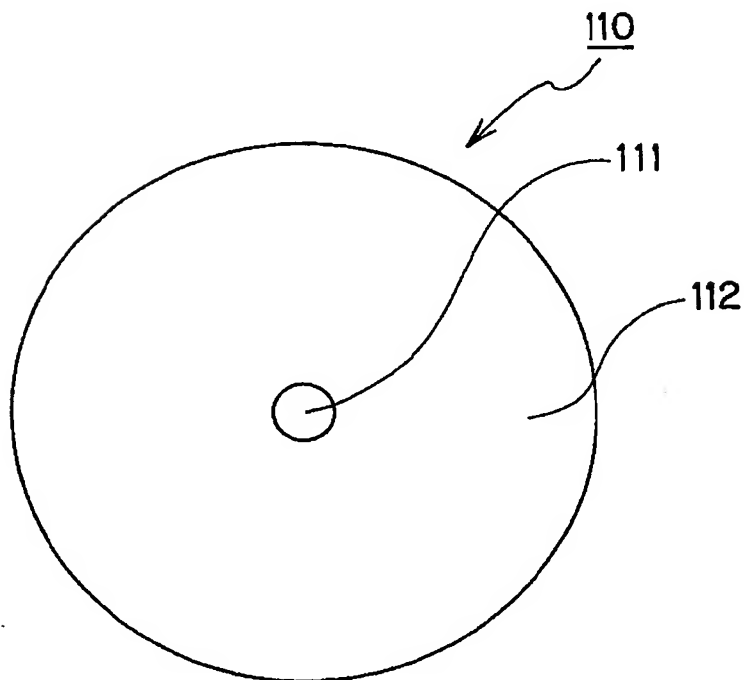
【図 6】



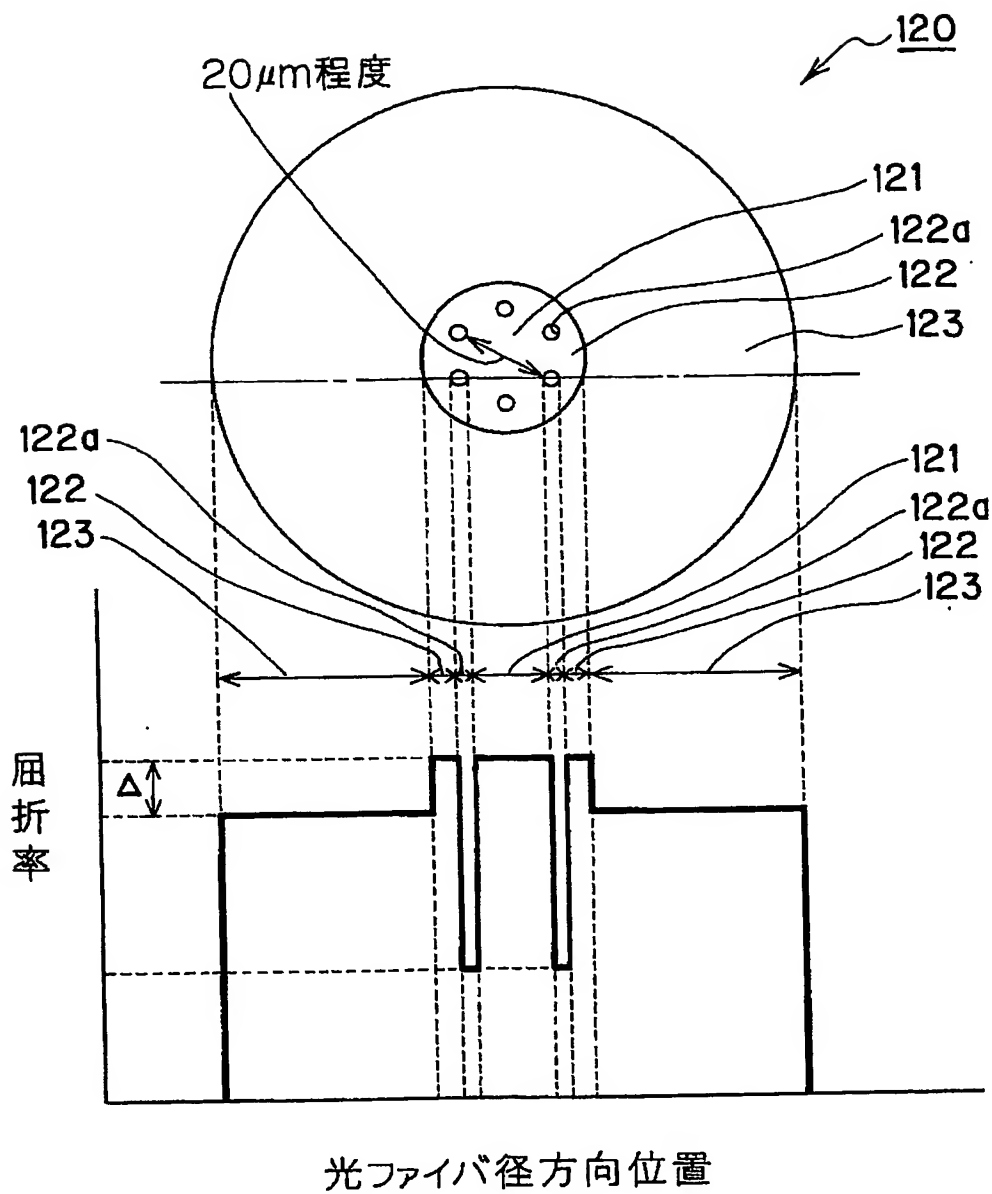
【図 7】



【図 8】

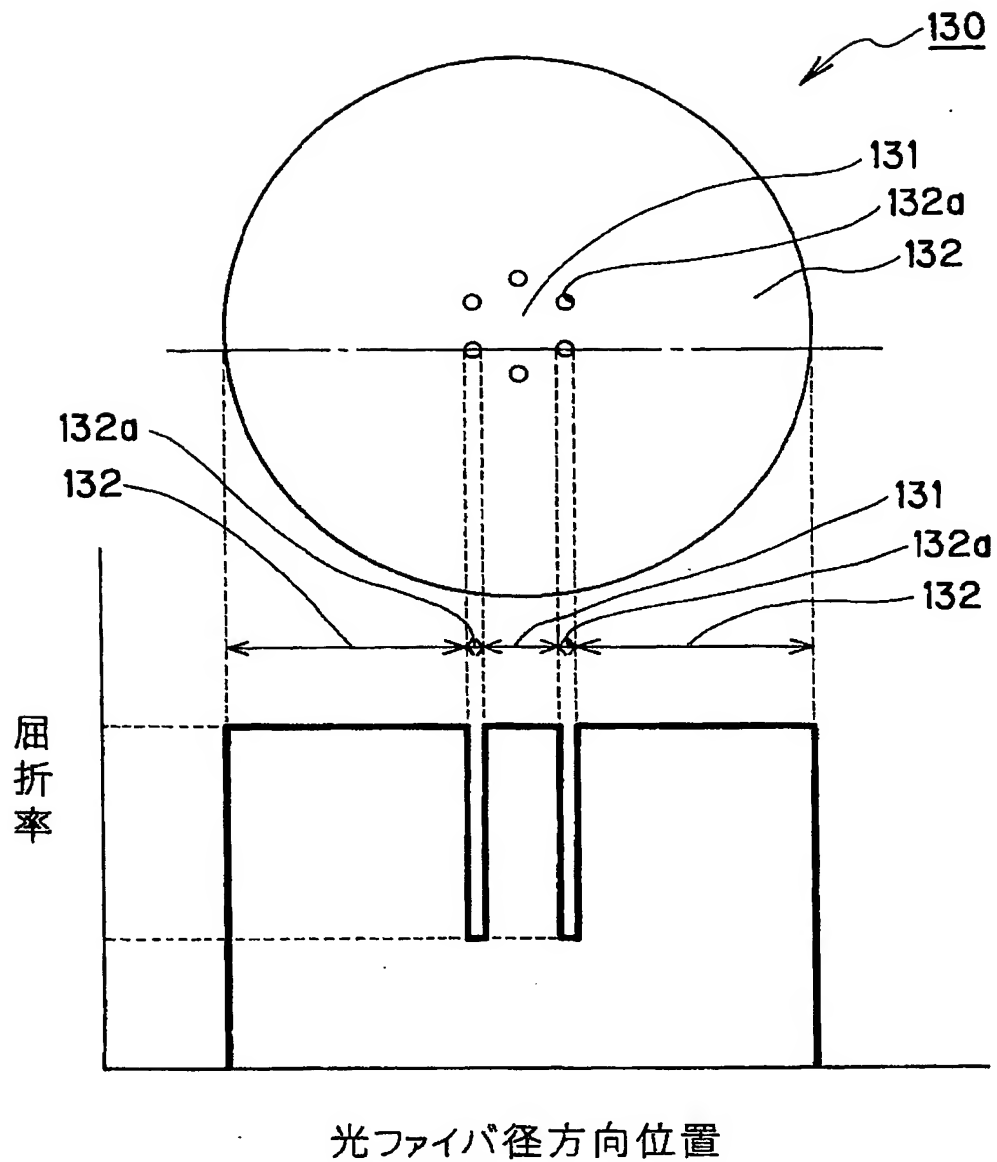


【図9】



$$\Delta \leq 1\%$$

【図 10】





**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 通信波長帯での広帯域な零分散を実現できる高非線形を有するテルライトガラスからなる光ファイバを提供する。

**【解決手段】** テルライトガラスからなる光ファイバ10であって、コア部11と、コア部11を包囲するように配設されて、コア部11の軸方向に沿った円形の空孔12aをコア部11の周方向にわたって複数有する第一のクラッド部12と、第一のクラッド部12を包囲するように配設されて、第一のクラッド部12の等価屈折率と略等しい屈折率を有する第二のクラッド部13とを備えた。

**【選択図】** 図2

特願 2 0 0 4 - 2 0 2 9 5 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 2 2 6 ]

1. 変更年月日 1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号  
氏 名 日本電信電話株式会社